ISSN 0123 - 3068 bol.cient.mus.hist.nat. 16 (1): 99 - 107

BOLETÍN CIENTÍFICO
CENTRO DE MUSEOS
MUSEO DE HISTORIA NATURAL

ACEITE ESENCIAL DE *PIPER CRASSINERVUM* PARA EL CONTROL DE *SITOPHILUS ZEAMAIS* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)*

Natalia Salgado D.[1], Lêda Rita D'Antonino Faroni[2], Alberto Soto G.[3]

Resumen

Se evaluó el efecto tóxico y repelente del aceite esencial de *P. crassinervum* sobre *S. zeamais*, a través de los métodos de contacto con granos, aplicando directamente el producto sobre en las concentraciones de 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 y 4,0 µL/g y el contacto en papel filtro, aplicando el producto sobre papel filtro y su posterior infestación con adultos, utilizando concentraciones de 0,08; 0,17; 0,35; 1,70 y 1,41 µL/cm². Por el método de contacto en papel filtro se obtuvo una CL_{50} y CL_{95} de 0,07 y 0,63 µL/cm², respectivamente. Cuando se evaluó la toxicidad del aceite en diferentes concentraciones, se obtuvo un TL_{50} y TL_{95} de 58,62 y 72,86 h, respectivamente. Por el método de contacto con granos la CL_{50} y CL_{95} fue de 0,72 y 3,99 µL/g del producto y el TL_{50} y TL_{95} fue de 17,11 y 77,85 h, respectivamente. Se determinó el efecto de repelencia de *P. crassinervum*, encontrándose que a una concentración de 2µL/g se presentó el menor valor de preferencia (13,1%). De acuerdo con los resultados obtenidos, *P. crassinervum* presenta efecto tóxico y repelente sobre *S. zeamais.*

Palabras clave: efecto tóxico, gorgojo del maíz, granos almacenados, productos alternativos.

ESSENTIAL OIL OF *PIPER CRASSINERVUM* TO CONTROL OF *SITOPHILUS ZEAMAIS* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Abstract

Was evaluated the toxic and repellent effect of the essential oil of *P. crassinervum* on *S. zeamais* through methods of contact with grains, applying the product directly on to the grains using concentrations of 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 and 4,0 µL/g, and contact in filter paper, applying the product on filter paper and subsequent infestation with adults using concentrations of 0,08; 0,17; 0,35; 1,70 and 1,41 µL/cm². By the method of contact paper filter was obtained a CL_{50} and CL_{95} of 0,07 and 0,63 µL/cm², respectively. When the toxicity of the oil at different concentrations evaluated was obtained a TL_{50} and TL_{95} of 58,62 and 72,86 h, respectively. By the method of contact with grains the CL_{50} and CL_{95} it was 3,99 and 0,72 µL/g product, respectively and the TL_{50} and TL_{95} was in 17,11 and 77,85 h, respectively. It was determined the effect of repellency of *P. crassinervum*, finding that a concentration of 2µL/g was presented the lowest value preference (13,1%). According to the results obtained, *P. crassinervum* presents toxic and repellent effect on *S. zeamais.*

Key words: toxic effect, maize weevil, stored grain, alternative products.

* FR: 22-III-2012. FA: 29-VIII-2012.

[1] I.A., Estudiante de Maestría en Entomología, Universidade Federal de Viçosa. E-mail: natysalgado02@hotmail.com.

[2] I.A.,M.Sc., Ph.D., Universidade Federal de Viçosa. E-mail: lfaroni@ufv.br.

[3] I.A., M.Sc., Ph.D. Departamento de Producción Agropecuaria. Universidad de Caldas. E-mail: alberto.soto@ucaldas.edu.co.

INTRODUCCIÓN

Los cereales son considerados, mundialmente, como las especies vegetales de mayor importancia para la alimentación de los seres humanos y animales domésticos. Por ello, su almacenamiento y conservación por largos periodos de tiempo, es esencial para disponer de alimento en forma constante (SILVA *et al.*, 2005).

Durante el almacenamiento, la masa de granos se comporta como un ecosistema dinámico, donde el deterioro de los granos se debe, principalmente, a la interacción entre agentes bióticos y abióticos (LOECK, 2002). *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) es una plaga que destruye los granos de cereales, con importancia económica reconocida en regiones tropicales. La hembra hace un orificio, generalmente en la región del embrión, para depositar sus huevos, los cuales son posteriormente cubiertos con una sustancia gelatinosa producida por la propia hembra (REES, 1996; ATHIÉ & PAULA, 2002; FARONI & SOUZA, 2006). Las larvas y adultos provocan pérdida de peso, desvalorización comercial, perdida en el valor nutritivo y disminución del poder germinativo de las semillas (GARCIA *et al.*, 2000; LORINI, 2003; TAVARES & VENDRAMIN, 2005).

El control de *S. zeamais,* en granos de maíz almacenado, ha sido comúnmente realizado a gran escala utilizándose insecticidas sintéticos protectores y fumigantes, que a pesar de ser eficientes y económicos, pueden provocar efectos indeseables, como intoxicaciones a los aplicadores, presencia de residuos tóxicos en los granos, aumento de los costos en el almacenamiento y desarrollo de poblaciones de insectos resistentes (TAPONDJOU *et al.*, 2002; RIBEIRO *et al.*, 2003; OBENG-OFORI & AMITEYE, 2005).

En la actualidad, se están realizando diferentes estudios sobre insecticidas de origen vegetal que pueden llegar a ser menos tóxicos y fácilmente biodegradables, siendo apropiados para la aplicación en pequeña escala, con vista a la protección de granos y productos almacenados del ataque de insectos plaga (ISMAN, 2006). Estos productos presentan la ventaja de ser compatibles con otras opciones de bajo riesgo aceptables en el control de insectos, como son: feromonas, aceites, jabones, hongos entomopatógenos, depredadores y parasitoides, lo que aumenta enormemente sus posibilidades de integración a un programa de Manejo Integrado de Plagas (MOLINA, 2001; PRATES & SANTOS, 2002).

Diversas investigaciones han demostrado la viabilidad del uso de compuestos bioactivos obtenidos de plantas, en el control de plagas de granos almacenados, debido a su eficiencia, generalmente, de bajo costo, seguridad para los aplicadores, consumidores y medio ambiente (SHAAYA *et al.*, 1997; HUANG *et al.*, 2000; BOUDA *et al.*, 2001; DEMISSIE *et al.*, 2008). Pueden ser utilizados como: polvos, extractos acuosos u orgánicos, aceites esenciales y aceites emulsionables, presentando toxicidad por contacto, ingestión y fumigación (KARR & COATS, 1988; RAJENDRAN & SRIRANJINI, 2008). Estos productos provocan mortalidad, repelencia, inhibición de la alimentación y oviposición, afectando el desarrollo de los insectos (HUANG *et al.*, 1999; MARTÍNEZ & VAN EMDEN, 2001).

En el género *Piper*, los constituyentes químicos más comunes son las amidas, destacándose las isobutilamidas, piperidina y pirrolidina (SENGUPTA & RAY,

1987). Otro grupo de compuestos potencialmente activos y no menos importantes que están presentes en proporciones considerables, son los fenilpropanóides, incluyéndose entre ellos monolignólides, como el apiol, miristicina, eugenol, safrol, dímeros de fenilpropanóides y dilapiol (BERNARD *et al.*, 1995). La eficiencia de los aceites vegetales ha sido reportada exitosamente contra insectos de granos almacenados (GASTELLUM & RODRÍGUEZ, 1996). El modo de acción que se les atribuye, es principalmente, ovicida y larvicida en instares tempranos (AGUILERA, 1991).

Adultos de *S. zeamais*, son capaces de detectar aceites esenciales a través del olfato, evitándolos cuando tienen la opción de escoger (JAYASEKARA *et al.*, 2005). La capa del aceite que envuelve los granos después del tratamiento, tiene influencia sobre el comportamiento de los insectos. La toxicidad por contacto e ingestión de diversos aceites esenciales y de sus componentes químicos, mostró que muchos fueron efectivos como alternativa a los insecticidas sintéticos en el control de diversas plagas de granos almacenados (LEE *et al.*, 2004; JAYASEKARA *et al.*, 2005; ASAWALAM *et al.*, 2006; FAZOLIN *et al.*, 2007; MOREIRA *et al.*, 2007).

La búsqueda de alternativas que reduzcan el uso de agrotóxicos para el control de insectos es fundamental para plagas de granos almacenados. Con el fin de obtener información para implementar un protocolo sustentable para el control de *S. zeamais* en condiciones controladas de producción, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto tóxico y repelente del aceite esencial de *P. crassinervum* sobre *S. zeamais,* para lo cual se determinó el efecto de repelencia, y el tiempo y las concentraciones letales y subletales por los métodos de contacto en papel filtro y contacto en mezcla con granos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el laboratorio de Manejo Integrado de Plagas del Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Fueron estudiados el tiempo y las concentraciones letales y sub-letales y el efecto de repelencia del aceite esencial de *P. crassinervum*, sobre *S. zeamais*. Los insectos fueron criados en frascos de vidrio de 1,5 L con granos de maíz, con 13% de humedad, los cuales fueron mantenidos en cámaras climatizadas a 27 ºC, H.R del 60% y fotofase de 12h. Para determinar el efecto del aceite por contacto en papel filtro sobre *S. zeamais*, se realizaron bioensayos utilizándose cajas petri de 9 cm de diámetro con papel filtro, sobre el cual se aplico el aceite en concentraciones de 0,08; 0,17; 0,35; 1,70 y 1,41 µL/cm², utilizando como solvente acetona. Después de esperar diez minutos para que se evaporara la acetona, se colocaron 20 adultos, no sexados, de *S. zeamais*. Se realizaron cinco repeticiones y para el control se aplicaron 100 µL de acetona. El experimento fue evaluado en un tiempo de exposición de 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 y 96 h de inicio del experimento (FAZOLIN *et al.*, 2007).

Para determinar el efecto del aceite con granos de maíz, se utilizaron 10 g de granos de maíz, los cuales se colocaron en caja petri de 9 cm de diámetro. En cada caja se aplicó el aceite en concentraciones de 0,25; 0,50; 1,0; 2,0 y 4,0 µL/g de maíz, usando como solvente, acetona. Se utilizó la misma metodología citada para determinar el efecto del aceite por contacto en papel filtro.

En el bioensayo para evaluar el efecto del aceite por repelencia, se utilizaron cinco cajas plásticas circulares de 12 x 2 cm, colocando una placa central interligada a las otras por cilindros plásticos de 15 cm (MAZZONETTO & VENDRAMIM, 2003; PROCÓPIO *et al.*, 2003; TAVARES & VENDRAMIM, 2005; RESTELLO *et al.*, 2009). En dos de las cajas se colocaron 10 g de maíz en mezcla con el aceite esencial y en las otras dos cajas, se colocó la misma cantidad de maíz sin tratamiento (control). En el recipiente central, se liberaron 20 adultos de *S. zeamais*, no-sexados y con previo ayuno de 24 horas; después de 24 h, se contabilizó el número de insectos presentes por caja. El aceite se utilizó en concentraciones de 0,125; 0,25; 0,5; 1,0 y 2,0 µL/g de maíz; cada concentración del producto fue repetida diez veces.

Los datos de mortalidad se corrigieron por la formula de ABBOTT (1925) y éstos fueron sometidos al análisis de Probit (FINNEY, 1971). Los datos de repelencia fueron comparados por el test *"t"* de Student al 5% de probabilidad; para todos los análisis se utilizó el programa estadístico SAS (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del aceite por contacto en papel filtro

Para el aceite de *P. crassinervum*, a las 96 h después de su aplicación, fueron obtenidas CL_{50} y CL_{95} de 0,07 y 0,63 µL/cm^2, respectivamente. A las 72 h de aplicación, la CL_{50} y CL_{95} fue de 0,36 y 6,66 µL/cm^2, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Toxicidad del aceite esencial de *P. crassinervum*, en adultos de *S. zeamais* por contacto en papel filtro, con diferentes tiempos de exposición.

Tiempo (horas)	Inclinación ± error estándar	CL_{50} [1] (IC a 95%)	CL_{95} [2] (IC a 95%)	X^2	*P*
72	1,29 ± 0,24	0,36 (0,18 – 0,68)	6,66 (2,12 – 8,23)	7,07	0,07
96	1,75 ± 0,25	0,07 (0,04 – 0,09)	0,63 (0,45 – 1,08)	2,48	0,48

[1] Concentración letal media e intervalo de confianza al 95%.
[2] Concentración letal que causa 95% de mortalidad e intervalo de confianza al 95%.

Se observó que a medida que se aumenta la concentración del aceite esencial de *P. crassinervum*, el tiempo letal disminuye; mientras que con 0,08 µL/cm2 el TL_{50} fue de 87,74 h, con 0,70 µL/cm^2 el TL_{50} disminuyo a 68,84 h. Para el TL_{95} se presentó el mismo comportamiento (Tabla 2).

Tabla 2. Toxicidad del aceite esencial de *P. crassinervum*, en adultos de *S. zeamais* por contacto en papel filtro, con diferentes concentraciones.

Concentración	Inclinación ± error estándar	TL_{50} [1] (IC a 95%)	TL_{95} [2] (IC a 95%)	X^2	*P*
0,08	6,62 ± 1,03	87,74 (81,54 – 97,2)	155,50 (130,19 -214,79)	2,95	0,23
0,17	6,64 ± 1,04	80,53 (75,31 – 86,63)	142,49 (122,37 – 187,95)	0,09	0,77
0,35	6,67 ± 0,77	70,89 (66,46 -75,37)	124,89 (111,48 -148,28)	11,63	0,11
0,70	7,37 ± 0,86	68,84 (64,73 – 72,67)	115,07 (104,47 – 133,14)	0,13	0,71
1,41	10,98 ± 1,22	58,62 (55,44 – 61,61)	82,76 (77,32 – 91,13)	1,16	0,28

[1]Concentración letal media e intervalo de confianza al 95%.
[2]Concentración letal que causa 95%, de mortalidad e intervalo de confianza al 95%.

Efecto del aceite con granos de maíz

A las 96 h después de la aplicación del aceite esencial, fueron obtenidas CL_{50} y CL_{95} de 0,72 y 3,99 µL/g del producto, respectivamente. A las 24 h de aplicación, la CL_{50} y CL_{95} fue de 3,73 y 12,19 µL/g del producto (Tabla 3).

Tabla 3. Toxicidad del aceite esencial de *P. crassinervum*, en adultos de *S. zeamais* por contacto con granos con diferentes tiempos de exposición.

Tiempo (horas)	Inclinación ± error estándar	CL_{50} [1] (IC a 95%)	CL_{95} [2] (IC a 95%)	X^2	*P*
24	3,19 ± 0,57	3,73 (3,17 – 4,69)	12,19 (8,23 – 26,93)	0,85	0,35
48	2,11± 0,28	3,25 (2,64 – 4,30)	19,5 (11,84 – 44,39)	4,76	0,19
72	2,12 ± 0,32	1,63 (1,06 – 2,93)	9,77 (4,61 – 70,47)	7,11	0,07
96	2,22 ± 0,22	0,72 (0,59 – 0,87)	3,99 (2,99 – 5,96)	5,26	0,15

[1]Concentración letal media e intervalo de confianza al 95%.
[2]Concentración letal que causa 95% de mortalidad e intervalo de confianza al 95%.

La obtención del control de *S. zeamais* a bajas concentraciones, representa un gran avance en relación a los estudios que buscan el control de este insecto, considerado como una de las más importantes plagas de granos almacenados.

La literatura científica señala diversas plantas promisorias con propiedades biocidas sobre gorgojos de granos almacenados (OLIVEIRA *et al.*, 2003). Así, una concentración de 0,05% de semillas de plantas tropicales de *Basella alba* L (Basellaceae), *Operculina turpethum* L. (Convolvulacea) y *Calotropis gigantea* (Asclepiadacea), retrasaron el desarrollo y redujeron la emergencia de adultos de *S. zeamais* en 62%, 95% y 70%, respectivamente. También se observó actividad biológica de estas plantas a una concentración menor de 0,01% (HAQUE *et al.*, 2000). Bajo condiciones de laboratorio, los polvos secos de hojas de *Chenopodium ambrosioides* L. evaluados sobre *S. zeamais* y *Sitophilus granarius* L. utilizando granos de maíz mezclados con polvo de hojas de *C. ambrosioides* a concentraciones de 0,05% al 0,08%, obtuvieron una mortalidad de 100% después de 48 h de exposición (TAPONDJOU *et al.*, 2002).

De acuerdo con los resultados obtenidos, con la concentración más alta (4 µL/g), los TL_{50} y TL_{95} fueron los más bajos en comparación con las demás concentraciones; de forma general, a mayor concentración, el tiempo de mortalidad disminuye y viceversa (Tabla 4).

Tabla 4. Toxicidad del aceite esencial de *P. crassinervum*, en adultos de *S. zeamais* por contacto con granos con diferentes concentraciones.

Concentración	Inclinación ± error estándar	TL_{50}[1] (IC a 95%)	TL_{95}2 (IC a 95%)	X^2	*P*
0,25	5,93 ± 1,63	123,19 (103,01 -210,02)	233,19 (158,39 – 820,72)	1,75	0,18
0,50	3,71 ± 0,73	118,25 (99,50 – 167,79)	327,98 (211,98 – 870,76)	3,40	0,18
1,0	3,08 ± 0,55	108,02 (90,39 – 147,23)	368,65 (233,32 – 930,89)	2,90	0,41
2,0	3,67 ± 0,53	65,98 (59,13 – 74,56)	185,33 (142,66 – 291,42)	2,66	0,26
4,0	2,54 ± 0,52	17,11 (8,42 – 23,91)	75,87 (60,12 – 115,38)	4,36	0,11

[1]Concentración letal media e intervalo de confianza al 95%.
[2]Concentración letal que causa 95% de mortalidad e intervalo de confianza al 95%.

ESTRELA (2006), evaluó el efecto de los aceites esenciales de *Piper aduncum* y *P. hispidinervum*, sobre *S. zeamais* y encontró que se presentó mortalidad de los adultos de la plaga y que la respuesta depende de la concentración y el método de exposición utilizados. Según los resultados obtenidos en el presente trabajo, *P. crassinervum* presenta un efecto tóxico, sobre los adultos de *S. zeamais* tanto por el método de contacto en papel filtro, como por contacto con granos. La toxicidad puede ser atribuida al dilapiol y lignina presente en gran cantidad en esta planta

(BERNARD *et al.*, 1995). La asociación de las ligninas al grupo metilenodioxifenil, provoca inhibición de la monooxigenasa (enzima detoxificante), dependiente del citocromo P450 (MUKERJEE *et al.*, 1979; BERNARD *et al.*, 1990). El efecto insecticida del dilapiol puede también estar relacionado a la acción de otros compuestos bioactivos minoritarios como el safrol (HUANG *et al.*, 1999) y sarisan (BIZZO *et al.*, 2001).

Resultados similares fueron observados por TRIPATHI (2002), al evaluar la eficiencia de la acción tóxica de los aceites esenciales en el control de plagas de granos almacenados. Dicho autor observó un efecto insecticida en la oviposición, en la eclosión de huevos y en la acción alimentaria de los insectos evaluados. Estos trabajos refuerzan el potencial que presentan los aceites esenciales como una alternativa de manejo de plagas de importancia económica.

Efecto del aceite esencial por repelencia

Los resultados obtenidos indican que *P. crassinervum* presenta efecto de repelencia sobre los adultos de *S. zeamais*, debido a que en las concentraciones usadas, el porcentaje de insectos atraídos fue menor que en los respectivos controles, dentro de estas se destaca como más efectiva la concentración de 2µL/g, al presentar el menor valor de preferencia (13,01%) (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto repelente del aceite esencial *P. crassinervum*, en adultos de *S. zeamais*.

Concentraciones	Tratamientos	Insectos atraídos (%)	Valor de t	Prob.> t
0,125 µL	Tratado Control	30,47 59,45	4,807	0,001
0,25 µL	Tratado Control	25,35 74,58	5,644	0,0003
0,5 µL	Tratado Control	26,02 73,89	4,552	0,0014
1,0 µL	Tratado Control	25,72 74,09	4,682	0,0011
2,0 µL	Tratado Control	13,01 86,94	9,306	< 0,0001

Con la concentración de 0,125µL/g se obtuvo el mayor valor de preferencia (30,47%), sin embargo, las demás concentraciones no hubo diferencia estadística significativa, oscilando los valores entre 74,58 y 74,89% (Tabla 5).

Los adultos de *S. zeamais*, son capaces de detectar aceites esenciales a través del olfato, evitándolos cuando tiene oportunidad de escoger (JAYASEKARA *et al.*, 2005). La capa de aceite que envuelve los granos después del tratamiento, tiene influencia sobre el comportamiento de los insectos. En *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae), además de ejercer efecto repelente, también impide el acceso de los insectos a los granos de caupi (OBENG-OFORI & AMITEYE, 2005). El efecto repelente es una propiedad relevante a ser considerada al momento de

escoger un aceite esencial para el control de plagas de granos almacenados. De modo general, cuanto mayor es la repelencia, menor será la infestación, resultando en la reducción o supresión de la oviposición y consecuentemente, del número de insectos emergidos.

La aplicación del aceite esencial de *P. crassinervum* en granos de maíz almacenado representa una alternativa viable para el manejo de *S. zeamais* en el almacenamiento de semillas de maíz, el cual se puede incluir dentro de un programa de manejo integrado de dicha plaga.

BIBLIOGRAFÍA

ABBOTT, W.S., 1925.- A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18 (1): 255-267.

AGUILERA, M., 1991.- Validación semicomercial de polvos vegetales y minerales para el combate de *Sitophilus zeamais* Motsc, *Prostephanus truncatus* (HORN) y *Rhyzopertha dominica* (FABR). México: Tesis, Magíster en Ciencias. Colegio de Postgraduados. 138 p.

ASAWALAM, E.F. EMOSAIRUE, S.O. & HASSANALI, A., 2006.- Bioactivity of *Xylopia aetiopica* (Dunal) A. Rich essential oil constituents on maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Electron Journal of Agricultural and Food Chemestry* 5 (2): 1195-1204.

ATHIE, I. & PAULA, D.C., 2002.- *Insetos de grãos armazenados. Aspectos biológicos e identificação.* 2ª Ed. São Paulo: Livraria Varela. 244 p.

BERNARD, C.B. ARNASON, J.T. PHILOGENE, B.J.R. LAM, J. & WADDEL, T., 1990.- In-vivo effect of mixtures of allelochemicals on de life cycle of de european corn borer, *Ostrinia nubilalis. Entomol. Exp. Appl.*, 57: 17-22.

BERNARD, C.B. KRISHINAMURTY, H.G. CHAURET, D. DURST, T. PHILOGENE, B.J.R. SANCHÉS-VINDAS, P. HASBAUN, C. POVEDA, L. ROMAN, L.S. & ARNASON, J.T., 1995.- Insecticidal defenses of iperaceae from the neotropics. *Journal of Chemical Ecology*, 21 (6): 801-814.

BIZZO, H.R. LOPES. D. ABDALA, R.V. PIMENTAL, F.A. DE SOUZA, J.A. PEREIRA, M.V.G. BERGTER, L. & GUIMARAES, E.F., 2001.- Sarisan from leaves of *Piper hispidinervum* C. DC (long pepper). *Flavour Frag. J.*, 16: 113-115.

BOUDA, H. TAPONDJOU, L.A. FONTEM, D.A. & GUMEDZOE, M.Y.D., 2001.- Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais* Mots., 1865 (Coleoptera: Curculionidae). *Journal Stored Products Research*, 37: 103-109.

DEMISSIE, G. TESHOME, A. ABAKEMAL, D. & TADESSE, A., 2008.- Cooking oils and "Triplex" in the control of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal Stored Products Research*, 44: 173-178.

ESTRELA, J.L.V., 2006.- Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais. Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41 (2): 217-222.

FARONI, L.R.D'A. & SOUZA, A.H., 2006.- Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos- praga de produtos armazenados: 371-402 (em) ALMEIDA, F.A.C. DUARTE, M.E.M. & MATA, M.E.R.*Tecnología de rmazenagem em sementes.* Campina Grande. UFCG.FAZOLIN, M. ESTRELA, J.L.V. CATANI, V. ALÉCIO, M.R. & LIMA, M.S., 2007.- Atividade inseticida do óleo de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Schum (Bignoneaceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Amazonica*, 37: 599-604.

FINNEY, D.J., 1971.- *Probit analysis.* Cambridge. Cambridge University Press. 333 p.

GARCÍA, M.J. D.M. FERREIRA, W.A. BIAGGIONI, M.A.M. & ALMEIDA, A.M., 2000.- Desenvolvimento de insetos em milho armazenado em sistema vedado. *Arquivos do Instituto Biológico*, 72: 1-16.

GASTELLUM, R. & RODRÍGUEZ, C., 1996.- Empleo de aceites y jabones como alternativas bioracionales para el control de plagas: 79-88 (en) RODRÍGUEZ, C. (d.) *Control Alternativo de insectos plaga.* Colegio de Postgraduados. Fundación mexicana para la educación ambiental A. C. Tepotzotlán. Edo de México. México.HAQUE, M. NAKAKITA, H. IKENANA, H. & SOTA, N., 2000.- Development inhibiting activity of some tropical plants against *Sitophilus zeamais. J. Stored Prod. Res.*, 36: 281- 287.

HUANG, Y. HO, S.H. & KINI, R.M., 1999.- Bioactivities of safrole and isosafrole on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 92: 676-68.

HUANG, Y LAM, S.L. & HO, S.H., 2000.- Bioactivies of essential oil from *Elettaria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal Stored Products Research*, 36: 107-117.

ISMAN, M.B., 2006.- Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51: 45-66.

JAYASEKARA, T.K. STEVENSON, P. C. HALL, D.R. & BELMAIN, S.R., 2005.- Effect of volatile constituents from *Securidaca longepedunculata* on insect pests of stored grain. *Journal Chemical Ecology* 31: 303-313.

KARR, L.L. & COATS, J.R., 1988.- Insecticidal properties of d-limonene. *Journal of Pesticide Science*, 13: 287-289.

LEE, B. H. ANNIS, P.C. TUMAALLI, F. & CHOI, W.S., 2004.- Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-cineole against 3 major stored-grain insect. *Journal Stored Products Research*, 40: 553-564.

LOECK, A.E., 2002.- Principais pragas que atacam produtos armazenados: 35-59 (n) LOECK, A.E. *Pragas de produtos armazenados.* Pelotas: EGUFPEL.LORINI, I., 2003.- *Manual técnico para o manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados.* Passo Fundo. Embrapa Trigo. 80 p.

MARTÍNEZ, S.S. & VAN EMDEN, H.F., 2001.- Growth disruption, abnormalities and mortality of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) caused by azadirachtin. *Neotropical Entomology*, 30: 113-124.

MAZZONETTO, F. & VENDRAMIM, J.D., 2003.- Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. *Neotropical Entomology*, 32: 145-149.

MOLINA, N., 2001.- Uso de extractos botánicos en el control de plagas y enfermedades: 56-59 (en) MOLINA, N. *Avances en el fomento de productos fitosanitarios no sintéticos. Manejo integrado de plagas.* CATIE, Costa Rica. MOREIRA, D. M. PICANÇO, M.C. BARBOSA, L.C.A. GUEDES, R.N.C. CAMPOS, M.R. SILVA, G.A. & MARTINS, J.C., 2007.- Plant compounds insecticide activity against coleoptera pests of stored products. *Pesquisa Agropecuaria Brasilera*, 42: 909-915.

MUKERJEE, S.K. SAXENA, V.S. & TOMAR, S.S., 1979.- New methylenedioxyphenyl synergists for pyrethrins. *J. Agric. Food. Chem.* 27: 1209-1211.

OBENG-OFORI, D. & AMITEYE, S., 2005.- Efficacy of mixing vegetable oils with pirimiphos-methyl against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky in stored maize. *Journal Stored Products Research*, 41: 57-66.

OLIVEIRA, S. VENDRAMIM, J.D. RIBEIRO, J.I. & DOS SANTOS, J.B., 2003.- Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Ciên Agr.*, 27: 1231-1236.

PRATES, H.T. & SANTOS, J.P., 2002.- Óleos essências no controle de pragas em grãos armazenados: 443-461 (em) LORINI, I., MIIKE, L. H., SCUSSEL, V. M. (eds.) *Amazenagem de grãos.* Campinas, SP, IBG.PROCÓPIO, S.O. VENDRAMIM, J.D. RIBEIRO JÚNIOR J.I. & SANTOS, J.B., 2003.- Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação à *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Ciência e Agrotecnologia*, 27: 1231-1236.

RAJENDRAN, S. & SRIRANJINI, V., 2008.- Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal Stored Products Research*, 44: 126-135.

REES, D.P., 1996.- Coleoptera: 1-39 (in) SUBRAMANYAN, B., HAGSTRUM, D. W. *Integrated management of insects in stored products.* Marcel Dekker. New York. RESTELLO, R.M. MENEGATT, C. & MOSSIA. J., 2009.- Efeito do óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 53: 304-307.

RIBEIRO, B.M GUEDES, R.N.C OLIVEIRA, E.E. & SANTOS, J.P., 2003.- Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 39: 21-31.

SAS INSTITUTE., 2002.- *SAS User's Guide: Statistics, Version 9.0.* SAS Institute. Cary, NC.

SENGUPTA, S. & RAY, A.B.,1987.- The chemistry of *Piper* species: A review. *Fitoterapia*, 58: 147-166.

SHAAYA, E. KOSTJUKOVSKI, M. EILBERG, J. & SUKPRAKARN, C., 1997.- Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal Stored Products Research*, 33: 7-15.

SILVA, G.; KIGER, R.; HEPP, R. & TAPIA, M., 2005.- Control de *Sitophilus zeamais* con polvos vegetales de tres especies del género Chenopodium. *Pesq. Agropec. Bras.* 40 (10): 953-960.

TAPONDJOU, L.A. ADLER, C. BOUDA, H. & FONTEM, D.A., 2002.- Efficacy of powder and essentials oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectant against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 38: 395- 402.

TAVARES, M.A.G.C. & VENDRAMIM, J.D., 2005.- Atividade inseticida da erva-de-santa-maria *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae), em relação a *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 72: 51-55.

TRIPATHI, A.K., 2002.- Bioactivities of the leaf essential oil of *Curcuma longa* (var. ch-66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera). *Journal of Economic Entomology*, 95: 183-189.